

Ein Beitrag zur Darstellung  
der energetischen Lebensleistung  
des Rindes für populationsgenetische  
Untersuchungen

Fritz Woerlen



Institut für Tierzucht, Vererbungs- und Konstitutionsforschung  
der Universität München  
Vorstand: Professor Dr. Dr. H. Bauer

---

EIN BEITRAG ZUR DARSTELLUNG DER ENERGETISCHEN LEBENSLEISTUNG  
DES RINDES FÜR POPULATIONSGENETISCHE UNTERSUCHUNGEN

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde der  
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

von  
Fritz Woerlen  
Tierarzt  
aus  
Weihmichl/Ndb.

München 1959



5349/60

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Universität München

Dekan: Professor Dr. K. Zipf

Referent: Professor Dr. Dr. H. Bauer

Tag der Promotion: 28. Juli 1959

# INHALT

|                                                                                                                     | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Einleitung                                                                                                          | 1     |
| Methodik der Untersuchungen                                                                                         | 3     |
| Berechnung des energetischen Aufwandes für die Komponenten der gesamtenergetischen Lebensleistung                   | 4     |
| I. Der energetische Aufwand für die Milchproduktion                                                                 | 4     |
| II. Der energetische Aufwand für die Konzeptionsprodukte                                                            | 8     |
| a) Energiegehalt der Konzeptionsprodukte                                                                            | 8     |
| b) Erhaltungsenergie der Konzeptionsprodukte                                                                        | 13    |
| c) Gesamtenergiebedarf für die Konzeptionsprodukte                                                                  | 15    |
| III. Der energetische Aufwand für den Körperzuwachs                                                                 | 15    |
| IV. Der energetische Aufwand für die Erhaltung                                                                      | 18    |
| Der Einfluß des Körpergewichts bzw. des Alters auf die einzelnen Komponenten der gesamtenergetischen Lebensleistung | 22    |
| I. Die Milchleistung in Beziehung zum Körpergewicht bzw. Alter                                                      | 22    |
| II. Die Konzeptionsprodukte                                                                                         | 23    |
| III. Zuwachs und Erhaltung                                                                                          | 24    |
| Berechnung der energetischen Lebensleistung, gezeigt an zwei Beispielen                                             | 25    |
| Diskussion                                                                                                          | 29    |
| Zusammenfassung                                                                                                     | 30    |
| Literatur                                                                                                           | 33    |
| Lebenslauf                                                                                                          | 44    |



## EINLEITUNG

Die Genetik des Milchrindes soll beitragen, die Wirtschaftlichkeit der Milch-erzeugung zu verbessern. Die betriebswirtschaftliche Situation der Milchvieh-haltung kann wertvolle Anregungen für die Zielsetzung in der Genetik des Milchrindes liefern.

Drei Tatsachen vermögen die betriebswirtschaftliche Lage der Milchviehhaltung im wesentlichen zu charakterisieren.

- a) Im landwirtschaftlichen Betrieb ist die Milchviehhaltung als Betriebszweig am schwierigsten ein- oder auszugliedern.
- b) Für die Milch als das am leichtesten verderbliche Lebensmittel kann auch für die Zukunft mit einer stetigen Nachfrage gerechnet werden. Einer ge-fürchteten "Milchschwemme" ist damit zu begegnen, daß von weniger Kü-hen mehr Milch ermolken wird.
- c) Das Milchrind hat eine langsame Generationsfolge und eine geringe Ver-mehrungsrate.

Diese Situation ergibt, daß es sich besonders lohnt, nach ertragssteigernden Möglichkeiten für die Milchproduktion zu suchen, die ihre Gültigkeit unab-hängig von wirtschaftlich schwankenden Faktoren bewahren. Der Tierzüchter muß zwangsläufig in der genetisch bedingten Steigerung der Lebensleistung von Milch und Milchfett eine solche Möglichkeit erblicken, indem er über die Senkung der Aufzucht-kosten pro kg Milch und dem vermehrten Erlös von überschüssigen Tieren sowie mit der besseren Selektionsmöglichkeit aus der Nachzucht alter Dauerleistungskühe die Rentabilität der Milcherzeugung hebt.

Bei der Erforschung der genetischen Beeinflussungsmöglichkeit der Lebenslei-stung müssen die biologischen Wechselbeziehungen zu anderen Merkmalen berücksichtigt werden. Die Untersuchungen gewinnen an Übersicht, wenn zu-nächst die umfassendste Darstellung des Merkmals gesucht wird, um dann erst auf das genetische Wechselspiel der Teilfaktoren einzugehen.

GAINES und DAVIDSON (1923) und GAINES (1928) fanden, daß die in der Milch enthaltene Energie das Primäre der Milchleistung darstellt. Diese Er-kenntnis, die bisher nur auf die einzelnen Laktationsleistungen bezogen wurde, muß bei den Untersuchungen über die Lebensleistung in Milch Berücksich-tigung finden. Darüber hinaus ist es wichtig, die gesamte energetische Lebens-leistung eines Rindes, die aus den Komponenten Erhaltung, Eigenzuwachs,

Kälber- und Milchproduktion besteht, darstellen zu können.

Das Schrifttum über den Energiehaushalt des Milchrindes ist sehr umfangreich. Die Mehrzahl der Arbeiten betrifft jedoch eine eng umschriebene Problemstellung, und es war bis heute kein umfassender Beitrag zur Darstellung der gesamtenergetischen Lebensleistung vorhanden.

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, dem Populationsgenetiker aus der Vielzahl der bioenergetischen Arbeiten am Rind eine Vorstellung von der Größe der gesamtenergetischen Lebensleistung und ihrer Komponenten zu geben. Zwar ist die Forschung über den Energiehaushalt des Rindes noch sehr im Fluß, der heutige Wissensstand erlaubt es jedoch, die Größe der einzelnen Komponenten der gesamtenergetischen Lebensleistung miteinander zu vergleichen und daraus gewisse Tendenzen zu erkennen. So können Folgerungen für die genetische Bearbeitung der exakt meßbaren Komponenten wie Milchleistung und Fortpflanzung abgeleitet werden.

## METHODIK

GAINES und Mitarbeiter sind bei ihrer Darstellung der energetischen Milchleistung von der in der Milch selbst enthaltenen Energie ausgegangen, d.h. also von der Energie, die im Produkt Milch wieder erscheint, und die vom Standpunkt der Erzeugung aus als Nettoenergie, vom Standpunkt des Produktes aus als Bruttoenergie benannt werden kann. Bei den Komponenten der gesamtenergetischen Lebensleistung ist das Verhältnis zwischen den Kalorien, die zur Erzeugung des Produktes verbraucht werden, und den Kalorien, die im Produkt selbst wieder erscheinen, nicht einheitlich. Die eigentliche Arbeit des Tieres kommt in den Kalorien zum Ausdruck, die für die Erzeugung verbraucht worden sind. Für die biologische Darstellung der gesamtenergetischen Lebensleistung ist es demnach notwendig, sich zunächst auf diese Kalorien zu beziehen. In dieser Arbeit wurden in Anlehnung an SCHEUNERT und TRAUTMANN (1957) folgende Begriffe verwendet:

1. Bruttoenergie = kalorimetrisch ermittelter Verbrennungswert
2. Umsetzbare Energie = Bruttoenergie - (Energie der Fäzes + Energie des Harns + Energie der Gärgase)

In der umsetzbaren Energie ist die Energie für die Verdauungsarbeit mit enthalten. Die Verdauungsarbeit ist wiederum abhängig von der Futtermenge, der Art der verwendeten Futtermittel und deren Verhältnis zueinander. Der Rohfasergehalt spielt hierbei eine wichtige Rolle (COCHRANE, FRIES und BRAMAN 1925, MÖLLGAARD 1929, FORBES, BRAMAN und KRISS 1930, MITCHELL und HAMILTON 1932, AXELSON 1939). Für Berechnungen, die nicht auf eigenen experimentellen Daten basieren, muß die umsetzbare Energie auf eine durchschnittlich angepaßte Fütterung bezogen werden.

3. Die Erzeugungsenergie entspricht dem zusätzlichen Wärmeverlust, der während der Erzeugung eines Produktes entsteht. Sie ist der Ausdruck für die eigentliche Arbeit des Tieres.
4. Die Produktionsenergie ist die Energie, die in dem fertigen Endprodukt wieder erscheint. Sie entspricht der Nettoenergie minus umsetzbarer Energie minus Wert der abgestrahlten Wärme.

## BERECHNUNG DES ENERGETISCHEN AUFWANDES FÜR DIE KOMPONENTEN DER GESAMTENERGETISCHEN LEBENSLEISTUNG

### I. Der energetische Aufwand für die Milchproduktion

GAINES und DAVIDSON (1923) fanden, daß es möglich ist, den Energiegehalt einer gegebenen Milchmenge aus der Milchquantität und der Fettmenge oder dem Fettgehalt zu berechnen. Als Energieeinheit wählten sie die Kalorienmenge einer Gewichtseinheit Milch mit 4 % Fett. Diese Einheit nennen sie "fat corrected milk" = FCM.

Die Formel zur Berechnung von FCM lautet:

$$\text{FCM} = 0,4M + 15F; \text{ bzw.}$$

$$\text{FCM} = M(0,4 + 0,15f)$$

dabei ist: M = Milch kg; F = Fett kg; f = Fettprozent

statt kg FCM wird auch mit lb FCM gerechnet

DAVIS, MORGAN und GAINES (1943) bestimmten experimentell den Energiegehalt der Milch und verglichen die Ergebnisse mit Werten, die nach der Formel  $\text{FCM} = 0,4M + 15F$  errechnet wurden. Die Korrelation zwischen den auf verschiedenen Wegen erhaltenen Ergebnissen betrug 0,997. Daraus geht hervor, daß der aus Milch- und Fettmenge berechnete Energiewert der Milch nach GAINES und DAVIDSON (1923) mit dem tatsächlichen Energiegehalt sehr gut übereinstimmt und für genetische Untersuchungen hinsichtlich der Genauigkeit ausreicht.

GAINES (1928) gibt für 1 kg FCM einen energetischen Wert von 750 kcal, FREDERIKSEN (1929) ebenfalls für 1 kg FCM 754 kcal und MAYNARD und LOOSLI (1956) für 1 kg Milch mit 3,7 % Fett 730 kcal an. Diese Zahlen schwanken etwas, weil zur Berechnung des Energiegehaltes zum Teil die einzelnen Milchbestandteile herangezogen und etwas verschieden bewertet wurden. Für die weiteren Berechnungen wird entsprechend den Ergebnissen von GAINES

$$1 \text{ kg FCM} = 750 \text{ kcal}$$

gesetzt.

Nach dem Gesetz von HAECKER (1914) ist der Produktionsbedarf für eine bestimmte Milchmenge direkt proportional ihrem Energiegehalt. BRODY, RIGGS, KAUFMANN und HERRING (1938) zeigten mit Ratten und Milchkühen, daß die Wärmeproduktion bei nicht fastenden Tieren direkt proportional zu der Milchproduktion ist.

Auch KRIZENECKY (1941) fand, daß der Produktionsbedarf zur erzeugten Milchmenge direkt und linear proportional ist. GAINES (1928) fand zwischen Fettgehalt der Milch und Futteraufnahme pro kg Milch einer Laktation einen Korrelationskoeffizienten von 0,648.

Das Gesetz von HAECKER wird vortrefflich in einer Arbeit von FREDERIKSEN (1925) demonstriert, in der der Futterverbrauch pro FCM bei Roten Dänen, Jerseys und einer Kreuzung aus den beiden Rassen bestimmt wurde. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1  
Futterverbrauch von drei Rassen pro FCM  
nach FREDERIKSEN (1925)

|                                  | Rote<br>Dänen | Kreuzung<br>Rote Dänen<br>x Jersey | Jersey       |
|----------------------------------|---------------|------------------------------------|--------------|
| Zahl der Kühe                    | 368           | 350                                | 353          |
| Alter der Kühe in Jahren         | 5,6           | 5,8                                | 5,7          |
| Durchschn. Gewicht je Kuh in kg  | 463,1         | 414,1                              | 361,1        |
| Fettprozentgehalt der Milch      | 3,6           | 4,28                               | 5,34         |
| Milch-kg pro Kuh und Jahr        | 3599          | 2898                               | 2276         |
| Fett-kg pro Kuh und Jahr         | 129,7         | 123,8                              | 121,6        |
| FCM pro Kuh und Jahr             | 3383          | 3020                               | 2734         |
| FCM pro kg-Körpergewicht         | 7,30          | 7,29                               | 7,57         |
| FU <sup>+</sup> pro Kuh und Jahr | 3079          | 2748                               | 2484         |
| FU <sup>+</sup> pro Milch-kg     | 0,856         | 0,948                              | 1,092        |
| FU <sup>+</sup> pro kg FCM       | <u>0,910</u>  | <u>0,910</u>                       | <u>0,909</u> |

+ Die dänische Futtereinheit (FU) entspricht dem Futterwert von 1 kg Gerste

Obwohl die drei Rassen in Körpergewicht, Milchleistung, Fettprozent und Futteraufnahme pro Milch-kg stark differieren, ist der Verbrauch an dänischen Futtereinheiten (FU) pro kg FCM (energetische Einheit) gleich.

FORBES, FRIES, BRAMAN und KRISS (1926) errechneten aus experimentell gefundenen Ergebnissen von KELLNER die Ausnutzung der umsetzbaren Energie

bei der Milchproduktion und kamen dabei auf eine durchschnittliche Ausnutzung von 69,37 %. Zu dem gleichen Ergebnis (69,3 %) kamen MAYNARD und LOOSLI (1956) bei Berechnungen an elf im Pennsylvania Institute of Animal Nutrition durchgeführten Energiebilanzversuchen.

Verschiedene Autoren untersuchten unter normalen Produktionsbedingungen den Verbrauch an TDN (Total Digestible Nutrients in engl. Pfund) bei Kühen mit verschiedener Milchleistung in FCM und verschiedenem Körpergewicht und brachten ihre Ergebnisse in Regressionsgleichungen zum Ausdruck (Tabelle 2). Aus diesen läßt sich wiederum die Ausnutzung der umsetzbaren Energie für Milchleistung in FCM berechnen.

MÖLLGAARD (1929) fand ebenfalls bei Roten Dänen, daß zur Erzeugung von 1000 kcal in der Milch 837 Nettofettmastkalorien ( $NK_F$ ) benötigt werden.  $NK_F$  ist die Energie, die bei der Mast des erwachsenen Ochsen in Fett angelagert wird. ARMSBY und FRIES (1918) berechneten anhand ihrer Versuche, daß 46,8 % der umsetzbaren Energie bei der Fettmast zum Ansatz gelangen.

Wenn man diese Zahl in Anwendung auf die Ergebnisse von MÖLLGAARD bringt, werden 1788 umsetzbare Kalorien benötigt, um 1000 kcal in der Milch zu erzeugen. Dies entspricht einer Ausnutzung von 56 % der umsetzbaren Energie bei der Milchproduktion. Dieser Wert stimmt einigermaßen überein mit dem Ergebnis von GAINES (1938b).

Bei Betrachtung aller Ergebnisse fällt die enge Übereinstimmung der Werte aus den Respirationsversuchen (FORBES, FRIES, BRAMAN und KRISS 1926 und MAYNARD und LOOSLI 1956) mit den Werten aus den Fütterungsversuchen an großem Tiermaterial auf (BRODY und PROCTER 1935, GAINES 1937, 1938a, b).

Es folgt daraus, daß der Wert von 69 % der mittleren Ausnutzung am besten entsprechen dürfte.

Wenn man annimmt, daß der Erzeugungsbedarf im hohen Grade und zwar linear abhängig ist vom Energiegehalt der Milch, und daß 69 % der umsetzbaren Energie in der Milch wieder erscheinen, dann sind 1087 kcal umsetzbarer Energie nötig, um 1 kg FCM (= 750 kcal) zu produzieren. Die Erzeugungskalorien (energetischer Aufwand) für 1 kg FCM betragen demnach 337 kcal.

Tabelle 2

Ausnutzung der umsetzbaren Energie für Milchleistung in FCM

| Autor                  | Regressionsgleichung                            | Ausnutzung der umsetzbaren Energie f. Milchleistung |
|------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Brody und Procter 1935 | $TDN = 0,305FCM + 0,053W^{0,73} + 2,1 \Delta W$ | 68,97 %                                             |
| Gaines 1937            | Guernsey/Holstein, Jersey                       | 68,97 %                                             |
| Gaines 1938a           | Guernsey/Holstein, Jersey                       | 76,58 %                                             |
| Gaines 1938b           | Rote Dänen                                      | 60,07 %                                             |

TDN = Summe der verdauten Nährstoffe abzüglich der Substanzen, die im Harn wieder erscheinen.  
 Ein engl. Pfund (lb) TDN entspricht unter angepaßten Fütterungsverhältnissen ca. 1616 kcal umsetzbarer Energie (MAYNARD und LOOSLI 1956)

W = Körpergewicht in lb

$\Delta W$  = Änderung des Körpergewichts

## II. Der energetische Aufwand für die Konzeptionsprodukte

Die Konzeptionsprodukte bestehen aus Fetus, Eihäuten, Fruchtwasser, Uteruszuwachs und Euteraufbau bis zur Kalbung. Um den energetischen Aufwand für die Konzeptionsprodukte berechnen zu können, muß zunächst deren Energiegehalt gegeben sein.

### a) Energiegehalt der Konzeptionsprodukte

#### Fetus

Im ausgereiften Fetus sind nach ARON (1926) 76,3 % Wasser, 18,4 % Eiweiß und 4,5 % Asche enthalten. ESKUCHEN (1932) fand bei ausgereiften Feten ebenfalls einen Eiweißgehalt von 18,4 % (s. Tabelle 3).

Tabelle 3  
Intrauterines Wachstum beim Fetus  
nach ESKUCHEN (1932)

| Alter<br>in Mon. | Gewicht in<br>kg | Eiweiß<br>in % | Eiweiß<br>in g | Tägl. Eiweiß-<br>ansatz |
|------------------|------------------|----------------|----------------|-------------------------|
| 4                | 1,0265           | 7,4            | 75,96          | 0,63                    |
| 5                | 2,6451           | 8,3            | 219,54         | 4,79                    |
| 6                | 6,5623           | 8,7            | 570,92         | 11,71                   |
| 7                | 10,0728          | 8,6            | 866,26         | 9,84                    |
| 8                | 16,5000          | -              | -              | -                       |
| Geburt           | 45,4500          | 18,4           | 8362,80        | 99,95                   |
|                  | 40,0             | 18,4           | 7360,0         | -                       |

HAIGH, MOULTON und TROWBRIDGE (1920) fanden bei neugeborenen Jersey- und Herefordkälbern folgende Bestandteile:

|                | Wasser % | Fett % | Protein % | Asche % | Restsub-<br>stanz % |
|----------------|----------|--------|-----------|---------|---------------------|
| Jerseykälber   | 73,44    | 3,82   | 18,0      | 4,15    | 0,59                |
| Herefordkälber | 72,81    | 3,65   | 18,29     | 4,52    | 0,73                |

Diese Daten zeigen, daß neugeborene Kälber entgegengesetzter Typrichtung sich kaum in ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheiden. Auf Grund der genannten Ergebnisse wird in weiteren Berechnungen folgende mittlere chemische Zusammensetzung des neugeborenen Kalbes zugrundegelegt:

| Wasser % | Fett % | Protein % | Asche % | Restsubstanz in % |
|----------|--------|-----------|---------|-------------------|
| 73,12    | 3,74   | 18,14     | 4,34    | 0,66              |

Der energetische Bruttowert von 1 g Protein wird mit 5,7 kcal und der Wert von 1 g Fett mit 9,4 kcal angenommen. Sicher wird kein großer Fehler gemacht, wenn 1 g Restsubstanz mit dem Kalorienwert von 1 g Kohlenhydrat = 4,2 kcal gleichgesetzt wird.

Ein Kalb von 40 kg Geburtsgewicht enthält demnach:

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| 7256 g Protein            | = 41 359 kcal       |
| 1496 g Fett               | = 14 062 kcal       |
| <u>264 g Restsubstanz</u> | <u>= 1 109 kcal</u> |
| Insgesamt                 | 56 530 kcal         |

### Uterus

Das durchschnittliche Gewicht des Uterus bei der Geburt beträgt nach SWETT, MATTHEWS und FOHRMAN (1948) 9702 g. Zieht man davon das Gewicht des nichtträchtigen Uterus mit 900 g ab, dann ergibt sich ein Uteruszuwachs während der Trächtigkeit von 8802 g. Nach LENKEIT (1953) hat der Uteruszuwachs folgende Zusammensetzung:

|              |         |
|--------------|---------|
| Wasser       | 80,7 %  |
| Rohprotein   | 17,63 % |
| Fett         | 0,6 %   |
| Asche        | 0,94 %  |
| Restsubstanz | 0,13 %  |

Ein Uteruszuwachs von 8802 g enthält demnach:

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| 1552 g Protein           | = 8 846 kcal     |
| 53 g Fett                | = 498 kcal       |
| <u>11 g Restsubstanz</u> | <u>= 46 kcal</u> |
| insgesamt                | 9 390 kcal       |

### Eihäute

Nach SWETT, MATTHEWS und FOHRMAN (1948) wiegen die Eihäute eines neugeborenen Kalbes mit 40 kg Körpergewicht 3833 g. Der Eiweißgehalt der Eihäute beträgt nach FENGER (1917) 13 %.

Es ist sicher kein großer Fehler, für die Eihäute dasselbe Verhältnis von Eiweiß zu Fett zur Restsubstanz wie beim Uterus anzunehmen. Demnach enthalten die Eihäute eines Kalbes mit 40 kg bei 3833 g Gewicht folgende Bestandteile:

|              |            |           |           |
|--------------|------------|-----------|-----------|
| Protein      | ( 13 % )   | 498,0 g = | 2839 kcal |
| Fett         | ( 0,44% )  | 17,0 g    | 160 kcal  |
| Restsubstanz | ( 0,096% ) | 3,7 g     | 17 kcal   |
| <hr/>        |            |           |           |
| Insgesamt    |            |           | 3016 kcal |

### Fruchtwasser

Der Energiegehalt des Fruchtwassers ist so gering, daß er hier vernachlässigt werden kann. Außerdem ist der Allantoisininhalt Stoffwechselprodukt des Fœtus und bei der Erhaltung der Konzeptionsprodukte berücksichtigt.

### Euter

JAKOBSEN (1956) fand durch Versuche mit eineiigen, erstgebärenden Zwillingen für den Stickstoffansatz beim Euteraufbau folgende Gleichung:

$$\begin{aligned} \text{gN} &= 25,2e^{0,0236(t-175)} \\ t &= \text{Trächtigkeit in Tagen} \end{aligned}$$

JAKOBSEN nimmt für den Beginn des Euterwachstums den 175. Tag der Trächtigkeit an. Demnach gelangen während der Gravidität im Euter von Erstgebärenden 296 gN = 1850 g Eiweiß zum Ansatz. Für das Euter wurde von verschiedenen Autoren folgende Zusammensetzung gefunden:

| Autor                 | Eiweiß % | Fett % | Kohlenhydrat % |
|-----------------------|----------|--------|----------------|
| SCHALL (1941)         | 10,7     | 13,4   | 1,6            |
| FACHMANN u. M. (1953) | 10,1     | 12,7   | 1,5            |
| JAKOBSEN (1956)       | 10,3     | -      | -              |
| <hr/>                 |          |        |                |
| Mittelwert            | 10,4     | 13,0   | 1,6            |

Für die weiteren Berechnungen werden die Mittelwerte aus den Angaben der

drei Autoren verwendet.

Ein Euterzuwachs während der Trächtigkeit von 1850 g Eiweiß mit einem Eiweißgehalt von 10,4 % entspricht einer Gewichtszunahme des Euters von 17 788 g. Diese Gewichtszunahme enthält:

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| 1850 g Eiweiß       | = 10 545 kcal |
| 2312 g Fett         | = 21 733 kcal |
| 285 g Kohlenhydrate | = 1 197 kcal  |
| Insgesamt           | = 33 475 kcal |

Der Bruttoenergiegehalt sämtlicher Konzeptionsprodukte läßt sich für ein Kalb von 40 kg nach den bisherigen Darstellungen, wie folgt, berechnen:

|               | Eiweiß<br>kcal | Fett<br>kcal | Kohlenhydrate<br>kcal | Summe<br>kcal |
|---------------|----------------|--------------|-----------------------|---------------|
| Fetus         | 41 359         | 14 062       | 1 109                 | 56 530        |
| Uteruszuwachs | 8 846          | 498          | 46                    | 9 390         |
| Eihäute       | 2 839          | 160          | 17                    | 3 016         |
| Euterzuwachs  | 10 545         | 21 733       | 1 197                 | 33 475        |
| Insgesamt     | 63 589         | 36 453       | 2 369                 | 102 411       |

Der Fetus, die Eihäute und der Uteruszuwachs enthalten zusammen 9303 g Eiweiß. Dieser Wert stimmt gut überein mit dem Befund von JAKOBSEN (1956), der den Eiweißgehalt der Konzeptionsprodukte ohne Euteraufbau durch Schlachtungen von Roten Dänen mit 9613 g ermittelte.

Die nächste Frage lautet, wie der Bruttokalorienwert der Konzeptionsprodukte leistungsmäßig mit dem Bruttokalorienwert der Milch verglichen werden kann. Um diese Frage zu klären, wird zunächst die Ausnutzung des Proteins verglichen.

In 1 l Milch sind durchschnittlich 34 g Eiweiß enthalten (FREDERIKSEN 1929, BREIREM 1949, SCHEUNERT und TRAUTMANN 1957 (4. Aufl. bearb. SCHEUNERT, BRÜGGEMANN, HORN und HILL)). Nach FREDERIKSEN (1929) werden für die Erzeugung von 1 kg FCM 60 g verd. Reineiweiß gebraucht, so daß die Ausnutzung des verd. Reineiweißes für die Milchproduktion  $\frac{34}{60} = 57,6\%$  beträgt. KELLNER (1907), HAECKER (1914), BREIREM (1949) geben ebenfalls

60 g Eiweiß zur Erzeugung von 1 kg Milch als Norm an. Niedrigere Angaben über den Bedarf an verd. Eiweiß für die Milchproduktion (FRIES, BRAMAN und KRISS 1924, HANSSON 1926, HARRISON und SAVAGE 1932, 1933, MORRISON 1957) haben sich auf die Dauer als nicht ausreichend erwiesen.

MOUSTGAARD (1956) verwendete den gleichen Faktor für die Eiweißausnutzung bei der Fetusbildung wie bei Euteraufbau und Milchbildung. BOUCKAERT, OYAERT und PEETERS (1952) hatten nachgewiesen, daß die Proteinsynthese in der Milchdrüse im wesentlichen von den freien Aminosäuren des Blutes ausgeht und MOUSTGAARD nahm an, daß dies auch beim Fetus der Fall sein müßte; er bestimmte den Eiweißzuwachs von Konzeptionsprodukten und ermittelte den Protein-Verbrauch mit dem Ausnutzungsfaktor für die Milchproduktion (0,57). Um seine Hypothese zu prüfen, verglich er die so gewonnenen Werte mit Ergebnissen von JAKOBSEN (1956) aus Stickstoffbilanzversuchen an eineiigen Zwillingen (s. Tabelle 4).

Tabelle 4  
Verbrauch an verd. Reinprotein in g/Tag für die Entwicklung der  
Konzeptionsprodukte beim Rind  
nach MOUSTGAARD (1956)

| Trächtigkeit<br>in Tagen | Eiweißzuwachs der<br>Konzeptionsprod.<br>x 1,754 | bestimmt mittels                                       |
|--------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                          |                                                  | Stickstoff<br>Bilanzversuch mit<br>eineiig. Zwillingen |
| 157                      | 26                                               | 28                                                     |
| 160                      | 28                                               | 7                                                      |
| 190                      | 55                                               | 73                                                     |
| 198                      | 67                                               | 85                                                     |
| 232                      | 131                                              | 133                                                    |
| 233                      | 132                                              | 140                                                    |
| 251                      | 189                                              | 156                                                    |
| 253                      | 196                                              | 197                                                    |
| 261                      | 229                                              | 254                                                    |
| 278                      | 318                                              | 315                                                    |

Die Korrelation zwischen den auf verschiedenen Wegen berechneten Ergebnissen beträgt + 0,96. Die hohe Übereinstimmung ist eine Bestätigung dafür, daß die Milchbildung, wie auch die Bildung der Konzeptionsprodukte, mit

demselben Grad der Eiweißausnutzung (57 %) einhergehen.

Die Fetteinlagerung in die Konzeptionsprodukte dürfte auf denselben physiologischen Prinzipien beruhen wie die Fetteinlagerung in das Bindegewebe des erwachsenen Wiederkäuers. Für diese ermittelten ARMSBY und FRIES (1918) eine Ausnutzung der umsetzbaren Energie von 46,8 %.

Für das Verhältnis Nettoenergie zu umsetzbarer Energie bei der Bildung der tierischen Kohlenhydrate liegen keine Angaben vor. Bei dem geringen Wert der Kohlenhydratenergie in den Konzeptionsprodukten dürfte kein allzugroßer Fehler entstehen, wenn für die Kohlenhydratkalorien dieselbe Ausnutzung (57 %) wie für die Eiweißkalorien angenommen wird.

Die Ausnutzung der umsetzbaren Energie bei der Bildung der Konzeptionsprodukte wird wie folgt angenommen:

1. Eiweißkalorien mit 57 %
2. Fettkalorien mit 47 %
3. Kohlenhydratkalorien mit 57 %

Die umsetzbare Energie, die für die Bildung der Konzeptionsprodukte benötigt wird, läßt sich wie folgt berechnen:

| Energieträger | Nettoenergie<br>in kcal | Ausnutzungsfaktor | umsetzbare<br>Energie in kcal |
|---------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Eiweiß        | 63 589                  | 0,57              | 111 560                       |
| Fett          | 36 453                  | 0,47              | 77 560                        |
| Kohlenhydrate | 2 369                   | 0,57              | 4 156                         |
| Insgesamt     | 102 411                 | -                 | 193 276                       |

#### b) Erhaltungsenergie der Konzeptionsprodukte

Bei der Berechnung der Erzeugungsenergie für die Bildung der Konzeptionsprodukte muß der Energieverbrauch für die Erhaltung der Konzeptionsprodukte in Anrechnung gebracht werden.

Bei der Erzeugung eines Kalbes von 40 kg Geburtsgewicht wird ein Körpergewicht des nichtträchtigen Muttertieres von 600 kg angenommen. Das Körpergewicht des Muttertieres während der Trächtigkeit ergibt sich aus seinem Ausgangsgewicht (600 kg) plus dem jeweiligen Gewicht der Konzeptionsprodukte. Der Erhaltungsbedarf für die Konzeptionsprodukte ergibt sich aus dem Erhal-

tungsbedarf des Muttertieres in den jeweiligen Trächtigkeitsstadien minus dem Erhaltungsbedarf seines Ausgangsgewichtes.

In Tabelle 5 ist das Gewicht der einzelnen Konzeptionsprodukte während der Trächtigkeit in den angegebenen Zeitabschnitten dargestellt.

Tabelle 5

| Alter der Frucht | Gewicht der Frucht in g | Gewicht der Eihäute in g | Uterus-<br>zuwachs in g | Euter-<br>zuwachs in g | Summe aus Spalte 2-5 | Umsetzbare Energie für Erhaltung tgl. |
|------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1                | 2                       | 3                        | 4                       | 5                      | 6                    | 7                                     |
| 0 - 30           | 0,5                     | 6                        | -                       | -                      | 6,5                  | -                                     |
| 31 - 60          | 6                       | 50                       | 459                     | -                      | 515                  | 10                                    |
| 61 - 90          | 71                      | 148                      | 585                     | -                      | 804                  | 20                                    |
| 91 - 120         | 331                     | 259                      | 792                     | -                      | 1382                 | 30                                    |
| 121 - 150        | 1613                    | 731                      | 1863                    | -                      | 4215                 | 62                                    |
| 151 - 180        | 3794                    | 1286                     | 3168                    | -                      | 8248                 | 131                                   |
| 181 - 210        | 9442                    | 2492                     | 4558                    | 2423                   | 18911                | 292                                   |
| 211 - 240        | 17507                   | 2404                     | 6525                    | 4923                   | 31359                | 483                                   |
| 241 - 270        | 28373                   | 3357                     | 8802                    | 10010                  | 50542                | 765                                   |
| 271 - Geb.       | 39803                   | 3833                     | 8802                    | 17788                  | 70226                | 1058                                  |

Die Gewichtsentwicklung der Frucht, der Eihäute und des Uteruszuwachses wurde SWETT, MATTHEWS und FOHRMAN (1948) entnommen. Der Euterzuwachs wurde mittels Gleichung von JAKOBSEN (1956) über den Stickstoffansatz beim Euteraufbau (siehe Seite 10) berechnet, indem ein durchschnittlicher Eiweißgehalt des Euters von 10,4 % zugrunde gelegt wurde.

Für die Berechnung des Grundumsatzes geben MAYNARD und LOOSLI (1956) folgende Gleichung an:

$$\text{Grundumsatz (kcal)} = 70 (\text{Körpergewicht in kg})^{0,75}$$

Die Ausnutzung der umsetzbaren Energie für den Grundumsatz beträgt nach FORBES, FRIES, BRAMAN und KRISS (1926) 69,5 %.

Die nach MAYNARD und LOOSLI (1956) angegebene Gleichung kann demnach für den Erhaltungsbedarf (Grundumsatz + Verdauung) wie folgt geschrieben werden:

Umsetzb. Energie f. Erhaltungsbedarf (Kcal) =  $100,72 (\text{Körpergew. in kg})^{0,75}$

Mittels dieser Gleichung wurde der tägliche Erhaltungsbedarf an umsetzbarer Energie für die Konzeptionsprodukte in einzelnen Trächtigkeitsstadien berechnet (s. Tabelle 5, Spalte 7). Anhand dieser Werte beschreibt die Gleichung

$$(\text{kcal}) = 4,0683 \cdot 1,0208^t$$

den täglichen Erhaltungsbedarf der Konzeptionsprodukte während des Trächtigkeitsverlaufes; dabei ist  $t$  = Trächtigkeit in Tagen. Durch Integration dieser Gleichung erhält man den gesamten Bedarf der Konzeptionsprodukte an umsetzbarer Energie während der Trächtigkeit mit 63 419 kcal.

### c) Gesamtenergiebedarf für die Konzeptionsprodukte

Der Gesamtbedarf an umsetzbarer Energie für die Entwicklung der Konzeptionsprodukte besteht aus 193 276 kcal für die Bildung und aus 63 419 kcal für die Erhaltung der Konzeptionsprodukte und beträgt insgesamt 256 695 kcal umsetzbarer Energie. Der Nettoenergiegehalt der Konzeptionsprodukte beträgt 102 411 kcal. Daraus ergibt sich die Erzeugungsenergie für die Entwicklung der Konzeptionsprodukte  $256\,695 - 102\,411 = \underline{154\,284 \text{ kcal}}$ .

Für die Erzeugung von 1 FCM werden 337 Erzeugungskalorien verbraucht. Eine Trächtigkeit, aus der ein Kalb mit 40 kg Geburtsgewicht hervorgeht, entspricht demnach leistungsmäßig der Erzeugung von

458 FCM

Im Vergleich zur Laktationsleistung ist die Trächtigkeitsleistung nicht sehr hoch zu bewerten. Auch ECKLES (1916), YAPP (1931) und MORRISON (1957) weisen darauf hin, daß der Verbrauch an Nahrungstoffen für die Entwicklung überraschend gering ist. BENEDICT und RITZMAN (1930) stellten bei Respirationsversuchen an Schafen fest, daß erst kurz vor dem Ablammen der Energieumsatz ansteigt.

### III. Der energetische Aufwand für den Körperzuwachs

In der Literatur sind nur wenige Angaben über den Energiegehalt des Körperzuwachses und die damit verbundene Ausnutzung der umsetzbaren Energie gegeben.

MITCHELL (1956) stellte die Komponenten zusammen, die während des Wach-

tums Energie verbrauchen, um den Bedarf an umsetzbarer Energie während der Wachstumsperiode zu berechnen.

In Tabelle 6 sind in den Spalten 1-4 und 9-11 die Daten von MITCHELL wiedergegeben. Die Daten in den Spalten 5-8 wurden zusätzlich errechnet. Die Erzeugungskalorien für den Zuwachs wurden auf ein einheitliches Körpergewicht umgerechnet (Spalten 7 und 8), damit sie mit den anderen Leistungen verglichen werden können. MITCHELL verwendete folgende Ergebnisse anderer Autoren:

1. BRODY, HALL, RAGSDALE und TROWBRIDGE (1932) errechneten anhand ihrer eigenen Versuche eine Gleichung zur Bestimmung des Grundumsatzes bei schwarzbunten weiblichen Jungrindern.

$$\frac{Q}{m} = 28e^{-0,0045m} + 11$$

$Q$  = Grundumsatz in Nettokalorien pro Tag

$m$  = Körpergewicht in kg

2. BRODY und PROCTER (1935) fanden, daß für die Bewegung der Milchkuh durchschnittlich 45 % des Grundumsatzes in Nettokalorien verbraucht werden.
3. Aus den Versuchen von FORBES, FRIES, BRAMAN und KRISS (1926) geht hervor, daß die Ausnutzung der umsetzbaren Energie bei der Erhaltung 69,5 % und beim Wachstum 57,5 % beträgt.

Aus den Daten von MITCHELL in Tabelle 6 ist zu ersehen, daß der Nettoenergiebedarf für den täglichen Zuwachs bis zu einem Alter von 6 Monaten ansteigt, um dann wieder abzufallen. Im Alter von 70,35 Monaten beträgt der Energiebedarf nur noch 64 kcal pro Tag.

Die Gleichung  $y = 4638 \cdot 0,9978^t$  beschreibt vom 5,99ten Lebensmonat an auf Grund der Zahlen in Spalte 8 das Wachstum als Funktion des Alters.

$y$  = Erzeugungskcal pro Tag korrigiert auf ein Körpergewicht von 600 kg

$t$  = Alter in Tagen

Die energetische Lebensleistung soll hier nur für die Zeit der Nutzungsdauer dargestellt werden, die mit der ersten Trächtigkeit beginnt. Wenn man annimmt, daß ein Rind der Höhenvieh rasse mit ca. 2 Jahren trächtig wird, dann können durch Integration der Gleichung

$$y = 4638 \cdot 0,9978^t$$

die Erzeugungskalorien für die Zeit vom zweiten Lebensjahr bis zur Beendigung des Wachstums berechnet werden.

Tabelle 6

Der Energiebedarf für wachsende weibliche Jungrinder

nach MITCHELL; erstmals veröffentlicht in MAYNARD und LOOSLI (1956)

| Alter<br>n<br>Monaten | Gewicht<br>in kg | Zuwachs<br>in g<br>tägl. | Zuwachs<br>in Netto-<br>in kcal<br>tägl. | Umsetzb.<br>Energie<br>Zuwachs<br>tägl. | Erzeug.<br>kcal<br>Zuwachs<br>tägl.<br>pro kg KG | Erzeug.<br>kcal<br>Zuwachs<br>tägl.<br>pro kg KG | Erzeug.<br>kcal<br>Zuwachs<br>tägl.<br>pro 600<br>kg KG | Grundumsatz<br>in Netto-<br>in kcal<br>tägl. | Aktivität<br>in Netto-<br>in kcal<br>tägl. | Summe von<br>Sp. 4, 9, 10<br>in umsetz.<br>Energie |
|-----------------------|------------------|--------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                     | 2                | 3                        | 4                                        | 5                                       | 6                                                | 7                                                | 8                                                       | 9                                            | 10                                         | 11                                                 |
| 1, 3                  | 68, 0            | 482                      | 444                                      | 772                                     | 328                                              | 4, 8                                             | 288                                                     | 2150                                         | 968                                        | 5258                                               |
| 2, 85                 | 90, 7            | 495                      | 584                                      | 1016                                    | 432                                              | 4, 8                                             | 288                                                     | 2686                                         | 1209                                       | 6620                                               |
| 5, 99                 | 136, 1           | 746                      | 1434                                     | 2494                                    | 1060                                             | 7, 79                                            | 4674                                                    | 3563                                         | 1603                                       | 9927                                               |
| 3, 14                 | 181, 5           | 665                      | 1390                                     | 2416                                    | 1026                                             | 5, 65                                            | 3390                                                    | 4241                                         | 1908                                       | 11264                                              |
| 0, 57                 | 226, 8           | 585                      | 1140                                     | 1983                                    | 843                                              | 3, 72                                            | 2232                                                    | 4783                                         | 2152                                       | 11961                                              |
| 3, 35                 | 272, 2           | 517                      | 996                                      | 1732                                    | 736                                              | 2, 70                                            | 1620                                                    | 5235                                         | 2356                                       | 12654                                              |
| 0, 56                 | 363, 9           | 345                      | 706                                      | 1227                                    | 521                                              | 1, 44                                            | 864                                                     | 5976                                         | 2689                                       | 13694                                              |
| 2, 36                 | 453, 6           | 183                      | 395                                      | 687                                     | 292                                              | 0, 64                                            | 384                                                     | 6639                                         | 2988                                       | 14539                                              |
| 0, 35                 | 544, 3           | 25                       | 64                                       | 111                                     | 47                                               | 0, 09                                            | 54                                                      | 7303                                         | 3286                                       | 15347                                              |

In Tabelle 7 ist die Erzeugungsenergie für das Wachstum ab zweitem Lebensjahr dargestellt:

a) in kcal

b) in der Einheit von 337 kcal = Erzeugungsenergie für 1 FCM

Tabelle 7  
Erzeugungsenergie für das Wachstum ab zweitem Lebensjahr

| Alter in Jahren | Erzeugungs-kcal-Zuwachs pro Zeitabschnitt | Erzeugungs-kcal in FCM pro Zeitabschnitt | Erzeugungs-kcal in FCM pro Tag |
|-----------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|
| 2 - 2,5         | 139 328                                   | 420                                      | 2,3                            |
| 2,5 - 3         | 93 680                                    | 282                                      | 1,5                            |
| 3 - 3,5         | 62 781                                    | 189                                      | 1,0                            |
| 3,5 - 4         | 42 133                                    | 127                                      | 0,7                            |
| 4 - 4,5         | 28 284                                    | 85                                       | 0,4                            |
| 4,5 - 5         | 18 974                                    | 57                                       | 0,3                            |
| 5 - 6           | 21 254                                    | 64                                       | 0,17                           |
| 6 - 7           | 9 581                                     | 29                                       | 0,08                           |
| 7 - 8           | 3 619                                     | 11                                       | 0,03                           |

In dem Altersabschnitt von 2 - 2,5 Jahren entsprechen die Erzeugungskalorien für den Zuwachs der Erzeugungsenergie von 420 FCM, das sind pro Tag 2,3 FCM. Im Alter von 4 - 4,5 Jahren sind es nur noch 0,5 FCM pro Tag und von 7 - 8 Jahren nur noch 0,03 FCM pro Tag. Aus den Daten der Tabelle 7 ist somit ersichtlich, daß das Wachstum eines Tieres mit zwei Jahren bereits soweit fortgeschritten ist, daß der energetische Haushalt nur noch wenig belastet wird. Die Erzeugungskalorien für das Wachstum ab dem zweiten Lebensjahr betragen insgesamt 419 634 kcal.

#### IV. Der energetische Aufwand für die Erhaltung

Für die Berechnung der gesamtenergetischen Lebensleistung ist es wichtig, daß als Erhaltungsbedarf nur der Energieaufwand zusammengefaßt wird, der nicht für die Bildung von Milch, Konzeptionsprodukte oder Zuwachs verbraucht wird. In den angelsächsischen Ländern wird dieser Begriff als "working maintenance"

bezeichnet; es ist der Erhaltungsbedarf unter praktischen Produktionsbedingungen, der in dieser Arbeit weiterhin der Kürze halber "Gesamterhaltung" genannt wird. Die Gesamterhaltung kann in folgende Komponenten zerlegt werden:

a) Energieaufwand für den Grundumsatz

Der Energieaufwand für den Grundumsatz kann nach der Formel  $\text{kcal} = 70 \text{ W}^{0,75}$  (MAYNARD und LOOSLI 1956) berechnet werden.

b) Energieaufwand für zusätzliche Bewegung unter praktischen Produktionsbedingungen

Für die Bewegung der Tiere unter praktischen Bedingungen können nach BRODY und PROCTER (1935) 45 % des Grundumsatzes gerechnet werden. Unter Versuchsbedingungen, bei Einschränkung der Bewegungsfreiheit, ist der Betrag geringer.

c) Energieaufwand für Verdauungsarbeit

Nach FORBES, FRIES, BRAMAN und KRISS (1926) wird die umsetzbare Energie für Grundumsatz und Bewegung zu 69,5 % ausgenutzt; d.h. daß 30,5 % der umsetzbaren Energie für Verdauungsarbeit im weitesten Sinne verbraucht werden.

Die Ergebnisse verschiedener Autoren über den Erhaltungsbedarf der Milchkuh unter Versuchsbedingungen sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8

Ergebnisse verschiedener Autoren über den Erhaltungsbedarf der Milchkuh

| Autor              |      | Körpergew.<br>in lb | Erhaltungsbedarf in<br>umsetzb. E.<br>kcal | TDN<br>lb | NK <sub>F</sub> | Netto-<br>Energie<br>kcal |
|--------------------|------|---------------------|--------------------------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|
| HAECKER            | 1914 | 1000                | (11 716)                                   | 7,925     |                 |                           |
| KELLNER            | 1920 | -                   | 10 688                                     |           |                 |                           |
| HILL               | 1922 | 1000                | (10 471)                                   | 6,48      |                 |                           |
| COCHRANE, FRIES u. |      |                     |                                            |           |                 |                           |
| BRAMAN             | 1925 | 1000                |                                            |           |                 | 5 500                     |
| FORBES u. KRISS    | 1925 | 1000                | 8 487<br>(im Bilanzversuch)                | 5,51      |                 |                           |
| FORBES u. KRISS    | 1925 | 1000                | (9 646)<br>(im Fütterungsversuch)          | 5,97      |                 |                           |
| MÖLLGAARD          | 1929 | 1102                | (12 372)                                   |           | 5 790           |                           |
| BRODY u. M.        | 1932 | 1000                | 9 550                                      |           |                 |                           |
| BRODY              | 1945 | 1000                | (10 908)                                   | 6,75      |                 |                           |

Die eingeklammerten Zahlen wurden vom Verfasser zusätzlich umgerechnet, dabei wurde ein lb TDN mit 1616 kcal umsetzbarer Energie (MAYNARD und LOOSLI 1956) und ein  $NK_F$  mit 2,14 kcal umsetzbarer Energie (ARMSBY und FRIES 1918) angenommen.

Der Energiebedarf für die Gesamterhaltung unter praktischen Produktionsbedingungen wurde untersucht von BRODY und PROCTER (1935) und von GAINES (1937, 1938a), indem der Verbrauch an TDN gemessen und in einer Regressionsgleichung zur Tagesmilchleistung in FCM, zum Körpergewicht und eventuell zur Änderung des Körpergewichts in Beziehung gesetzt wurde.

| Autor            |       | Anzahl<br>Tiere | Gleichung                                      |
|------------------|-------|-----------------|------------------------------------------------|
| BRODY u. PROCTER | 1935  | 243             | $TDN = 0,305FCM + 0,053W^{0,73} - 2,1\Delta W$ |
| GAINES           | 1937  | 253             | $TDN = 0,129W^{0,60}$                          |
| GAINES           | 1938a | -               | $TDN = 0,275FCM + 0,009W$                      |

W bedeutet Körpergewicht;  $\Delta W$  die Änderung des Körpergewichtes. Sämtliche Größen wurden in engl. Pfund (lb) gemessen.

Aus den genannten Gleichungen ergibt sich für ein Körpergewicht von 454, 500, bzw. 600 kg folgender Bedarf an umsetzbarer Energie für die Gesamterhaltung.

| Autor            |       | 454 kg      | 500 kg      | 600 kg      |
|------------------|-------|-------------|-------------|-------------|
| BRODY u. PROCTER | 1935  | 13 267 kcal | 14 243 kcal | 16 273 kcal |
| GAINES           | 1937  | 13 153 kcal | 13 942 kcal | 15 557 kcal |
| GAINES           | 1938a | 14 540 kcal | 16 023 kcal | 19 236 kcal |

Um zu einer Standardzahl für den täglichen Gesamterhaltungsbedarf einer Kuh mit 600 kg Körpergewicht zu gelangen, werden in dieser Arbeit die Regressionsgleichungen von BRODY und PROCTER und von GAINES aus folgenden Gründen den Ergebnissen unter Versuchsbedingungen (s. Tabelle 8) vorgezogen:

1. Die Werte wurden unter praktischen Produktionsbedingungen gewonnen;
2. die Versuche umfassen jeweils einige hundert Tiere, und,
3. die Bewegung, als schwer zu bestimmende Komponente, ist schon mit enthalten.

Aus den drei Gleichungen von BRODY und PROCTER (1955) und GAINES (1937 und 1938a) ergibt sich ein mittlerer täglicher Bedarf an umsetzbarer Energie für die Gesamterhaltung einer Kuh mit 600 kg mit

$$\underline{17\ 022\ kcal}$$

Diese Zahl wird als Standardwert den weiteren Berechnungen zugrundegelegt.

Wenn man den Grundumsatz nach der Formel  $kcal = 70W^{0,75}$  berechnet (MAYNARD und LOOSLI 1956) und für die Bewegung 45 % des Grundumsatzes und für die Ausnützung der umsetzbaren Energie 69,5 % annimmt, so resultiert daraus ein täglicher Bedarf für die Gesamterhaltung einer 600 kg Kuh von 17 700 kcal. Dieser Wert stimmt mit dem Standardwert aus den drei Regressionsgleichungen recht gut überein.

Die umsetzbare Energie für die Gesamterhaltung wird im Organismus restlos verbraucht und muß deshalb insgesamt als Erzeugungsenergie betrachtet werden. Der Vergleich des Standardwertes für die Gesamterhaltung von 17 022 kcal mit der durchschnittlichen Erzeugungsenergie von 1 FCM mit 337 kcal ergibt, daß die Gesamterhaltung für 1 Tag einer 600 kg Kuh der Erzeugung von 50,5 FCM entspricht.

## DER EINFLUSS DES KÖRPERGEWICHTS BZW. DES ALTERS AUF DIE EINZELNEN KOMPONENTEN DER GESAMTENERGETISCHEN LEBENSLEISTUNG

Die Nutzleistungen des Milchrindes beginnen im Alter von zwei Jahren, das Wachstum dauert jedoch bis zum Alter von etwa sieben Jahren (HANSEN 1925, DUERST 1930, MARGOLIN und BARTLETT 1945, LENKEIT 1953, W. KOCH 1954 und MITCHELL 1956, s. Tabelle 6).

Weil die Kuh mit ihrer Nutzleistung beginnt, während sie noch im Wachstum steht, müssen bei der Darstellung der Lebensleistung folgende Möglichkeiten berücksichtigt werden:

1. Zunahme des Körpergewichts mit zunehmendem Alter;
2. Zunehmende Leistung pro Zeiteinheit mit zunehmendem Körpergewicht;
3. Beeinflussung der Lebensleistung durch die Nutzungsdauer;
  - a) durch den in ihr enthaltenen Zeitfaktor;
  - b) durch die Änderung der Leistung pro Zeiteinheit mit der Änderung des Körpergewichts.

### I. Die Milchleistung in Beziehung zum Körpergewicht bzw. Alter

GAINES, RHODE und CASH (1940, 1942), DAVIS, MORGAN und GAINES (1943) und GAINES, DAVIS und MORGAN (1947) untersuchten den Einfluß des Lebendgewichtes und des Alters auf die Milchleistung des Rindes. Sie fanden, daß die Milchleistung unabhängig vom Lebendgewicht durch das Alter kaum beeinflußt wird. Dagegen wird die Milchleistung unabhängig vom Alter durch das Lebendgewicht stark beeinflußt.

Aus der multiplen Regression von GAINES, DAVIS und MORGAN (1947)

$$FCM = -1,69 + (0,0413 \overset{+}{-} 0,0045)W + (0,001 \overset{+}{-} 0,22)A$$

FCM = Leistung der ersten 243 Tage einer Laktation

W = Lebendgewicht in lb innerhalb von 30 Tagen nach dem Abkalben

A = Konzeptionsalter = Alter in Monaten zur Zeit der Kalbung + 10

ist ersichtlich, daß die FCM Leistung durch eine Gewichtszunahme von 1 lb in gleichem Maße wie durch eine Alterszunahme um 3,44 Jahren beeinflußt wird.

Die Korrelation zwischen Alter und Gewicht der Kühe beträgt:

|                    |      |
|--------------------|------|
| Gesamt             | 0,48 |
| innerhalb der Kühe | 0,62 |
| zwischen den Kühen | 0,31 |

Aus den obengenannten Ergebnissen geht hervor, daß der Einfluß des Alters auf die Milchleistung sekundär ist; der primäre Einfluß geht vom Körpergewicht aus. Wenn das Körpergewicht der Kuh nicht vorliegt, ist aber die Korrektur auf Alter ein brauchbarer Ersatz für die Korrektur auf Körpergewicht.

Der Einfluß des Alters auf die Milchleistung wurde untersucht von MARTINY (1871), GOWEN (1925), SANDERS (1927), WHITE und DRAKELY (1927), KAY und McCANDLISH (1929), FEIGE (1930), DUSCHE (1933), K. SCHMIDT (1933), BUCHHOLZ (1934), LÖRTSCHER (1937), WARD (1938), LANGE (1941), OBERST und RUMBAUR (1950) und BAUER, BAKELS und GALL (1959). Die genannten Autoren stimmen in dem Befund überein, daß die Milchleistung bis zu einem Alter von 6 - 9 Jahren ansteigt, um dann wieder allmählich abzufallen.

## II. Die Konzeptionsprodukte

Über den Einfluß des Körpergewichtes bzw. des Alters auf die Konzeptionsprodukte ist bisher nur wenig bekannt. Da die Milchleistung eng mit dem Körpergewicht korreliert ist, muß man annehmen, daß auch der Euteraufbau, der die folgende Laktation weitgehend bestimmt, durch das Körpergewicht beeinflusst wird.

Die folgenden Autoren (Tabelle 9) untersuchten die Korrelation zwischen dem Gewicht der Mutter und dem Geburtsgewicht des Kalbes:

| Autor                           | Korrelation zwischen Gewicht der Mutter und Geburtsgewicht des Kalbes |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| UMAN 1933                       | 0,64 <sup>+</sup> 0,07                                                |
| KUSNER 1936                     | 0,30 und 0,42                                                         |
| KRASNOV und PAK 1937            | 0,56 und 0,42                                                         |
| KNAPP, LAMBERT und BLACK 1940   | + 0,22                                                                |
| MUNOZ und RIGOR 1940            | + 0,22                                                                |
| JORDÃO und ASSIS 1942           | + 0,28                                                                |
| DAWSON, PHILLIPS und BLACK 1947 | + 0,49                                                                |
| GREGORY, BLUNN und BAKER 1950   | + 0,21                                                                |
| ANANTAKRISHNAN und LAZARUS 1953 | + 0,343 und 0,252 und 0,406                                           |
| MÄKELÄ und OITTLA 1955          | + 0,133                                                               |
| MUNKÁCSI 1955                   | + 0,138                                                               |

Auch LECLAINCHE (1886), FRANK (1901), ALBRECHT (1911), STEFFENS (1930) ABL (1950) fanden eine Beziehung zwischen dem Gewicht der Mutter und dem Geburtsgewicht des Kalbes, ohne jedoch statistische Methoden bei der Auswertung des Materials zu verwenden.

FITCH, McGILLIARD und DRUM (1924), MORGAN und DAVIS (1938), KNAPP, LAMBERT und BLACK (1940), DAWSON, PHILLIPS und BLACK (1947), TYLER, CHAPMAN und DICKERSON (1947), VENGE (1948), BRAUDE und WALKER (1949), BURRIS und BLUNN (1952), ARNOLD und BECKER (1953), DAVIS, PLUM und BROST (1954) und R. M. KOCH und CLARK (1955) untersuchten den Einfluß des Alters der Mutter auf das Geburtsgewicht des Kalbes. Sie fanden, daß bis zur 4. bis 6. Kalbung zunehmend schwerere Kälber geboren werden, und die Geburtsgewichte danach konstant bleiben oder etwas geringer werden. Aus den Untersuchungen der genannten Autoren geht hervor, daß das Geburtsgewicht der Kälber durch Lebendgewicht und Alter der Kuh in ähnlicher Weise beeinflußt wird wie die Milchleistung.

Die biologischen Zusammenhänge dürften in beiden Fällen ähnlich geartet sein, so daß auch für das Geburtsgewicht des Kalbes eine Korrektur auf Körpergewicht bzw. Alter der Mutter angebracht zu sein scheint.

Es sind keine Angaben bekannt über den Einfluß von Lebendgewicht bzw. Alter der Mutter auf das Gewicht der Eihäute und des Uteruszuwachses. Wenn jedoch das Geburtsgewicht des Kalbes vom Lebendgewicht bzw. vom Alter abhängig ist, darf angenommen werden, daß auch das Gewicht der Eihäute und des Uteruszuwachses im gleichen Sinne von der Mutter beeinflußt wird.

### III. Zuwachs und Erhaltung

Aus der Erhebung des Zuwachses geht das jeweilige Ausgangsgewicht hervor, und es besteht keine Schwierigkeit, auf das Gewicht eines ausgewachsenen Rindes zu korrigieren (s. Tabelle 6). Die Berechnung der Gesamterhaltung basiert auf dem Körpergewicht. Wenn Angaben über das Körpergewicht fehlen, können Zuwachs und Erhaltung für eine annähernde Darstellung auf das durchschnittliche Körpergewicht der Altersklasse bezogen werden, auf die die Leistungen korrigiert werden sollen.

BERECHNUNG DER ENERGETISCHEN LEBENSLEISTUNG,  
GEZEIGT AN ZWEI BEISPIELEN

Obwohl die erarbeiteten Standardwerte nicht Grundlage für eine Formel zur Errechnung der gesamtenergetischen Lebensleistung sein können, wurde versucht, den Anteil der einzelnen Komponenten an der gesamtenergetischen Lebensleistung von zwei Braunviehkühen darzustellen (Tabellen 11 und 12).

In Tabelle 10 sind die genauen Daten der Kühe wiedergegeben.

Tabelle 10

|                                      | Kuh 1      | Kuh 2     |
|--------------------------------------|------------|-----------|
| Geburtsdatum                         | 24.10.1933 | 19.9.1929 |
| Abgang des Tieres                    | 21. 7.1946 | 20.4.1942 |
| Erstkalbealter                       | 1065 Tage  | 1208 Tage |
| Nutzungsdauer                        | 3866 Tage  | 3666 Tage |
| Lebensleistung in<br>alterscorr. FCM | 34 619     | 45 500    |
| Durchschnittl. Lebensleistung        | 3 266      | 4 525     |
| 1. Leistungsjahr                     | 1936       | 1933      |

Tabelle 11

## Berechnung der energetischen Lebensleistung für Kuh Nr. 1

| Leistung.                     | Milchleistung.            | Erzeugungs-<br>energie für<br>Milchleist. | Energie f.<br>Gesamter-<br>haltung | Erzeug.E.<br>f. Bildg.<br>d. Konzept.<br>Produkte | Erzeug.E.<br>f. Wachst.<br>in kcal | Erzeugungskalorien<br>in FCM | Produkte        | Wachstum        |       |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-------|
| Jahr                          | in alters-<br>korrig. FCM | in kcal                                   | in kcal                            | in kcal                                           | in kcal                            | für Milch-<br>Erhaltung.     | für<br>Konzept. | für<br>Wachstum |       |
| 1                             | 2                         | 3                                         | 4                                  | 5                                                 | 6                                  | 7                            | 8               | 9               | 10    |
| 1                             | 1 468                     | 494 716                                   | 5 974 722                          | 154 284                                           | 190 959                            | 1 468                        | 17 729          | 458             | 567   |
| 2                             | 3 827                     | 1 289 699                                 | 6 213 030                          | -                                                 | 85 940                             | 3 827                        | 18 436          | -               | 255   |
| 3                             | 2 652                     | 893 724                                   | 6 213 030                          | 154 284                                           | 38 702                             | 2 652                        | 18 436          | 458             | 115   |
| 4                             | 4 927                     | 1 660 399                                 | 6 213 030                          | 154 284                                           | 17 426                             | 4 927                        | 18 436          | 458             | 52    |
| 5                             | 4 119                     | 1 388 103                                 | 6 213 030                          | 154 284                                           | 7 845                              | 4 119                        | 18 436          | 458             | 23    |
| 6                             | 4 071                     | 1 371 927                                 | 6 213 030                          | 154 284                                           | -                                  | 4 071                        | 18 436          | 458             | -     |
| 7                             | 3 316                     | 1 117 492                                 | 6 213 030                          | 154 284                                           | -                                  | 3 316                        | 18 436          | 458             | -     |
| 8                             | 3 455                     | 1 164 335                                 | 6 213 030                          | -                                                 | -                                  | 3 455                        | 18 436          | -               | -     |
| 9                             | 3 461                     | 1 166 357                                 | 6 213 030                          | 154 284                                           | -                                  | 3 461                        | 18 436          | 458             | -     |
| 10                            | 2 895                     | 975 615                                   | 6 213 030                          | 154 284                                           | -                                  | 2 895                        | 18 436          | 458             | -     |
| 11                            | 428                       | 144 236                                   | 4 442 742                          | 154 284                                           | -                                  | 428                          | 13 183          | 458             | -     |
| 34 619                        |                           | 11 666 603                                | 66 334 734                         | 1 388 556                                         | 340 872                            | 34 619                       | 196 836         | 4 122           | 1 012 |
| Anteil an der gesamtenenergie |                           |                                           |                                    |                                                   |                                    |                              |                 |                 |       |
| Lebensleistung                |                           | 14, 6 %                                   |                                    | 83, 2 %                                           |                                    | 1, 74 %                      |                 | 0, 43 %         |       |
| Insgesamt                     |                           |                                           |                                    |                                                   |                                    |                              |                 |                 |       |
| 79 730 765 kcal               |                           |                                           |                                    |                                                   |                                    |                              |                 |                 |       |
| 236 589 FCM                   |                           |                                           |                                    |                                                   |                                    |                              |                 |                 |       |

Tabelle 12  
Berechnung der energetischen Lebensleistung für Kuh Nr. 2

| Leistung, Milchleistung, Jahr in alters- | Erzeugungs-<br>energie für<br>Milchleist.,<br>in kcal | Energie f.<br>Gesamter-<br>haltung<br>in kcal | Erzeug. E.<br>f. Bildg.<br>d. Konzept,<br>Produkte<br>in kcal | Erzeug. E.<br>f. Wachst.,<br>in kcal | Erzeug. E.<br>für Milch-<br>leistung<br>in kcal | Erzeugungskalorien in FCM<br>für<br>Erhaltg. Konzept, Wachstum<br>Produkte |        |     |     |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------|-----|-----|
| 1                                        | 2                                                     | 3                                             | 4                                                             | 5                                    | 6                                               | 7                                                                          | 8      | 9   | 10  |
| 1                                        | 4 892                                                 | 1 648 604                                     | 4 681 050                                                     | 308 568                              | 119 851                                         | 4 892                                                                      | 13 890 | 916 | 356 |
| 2                                        | 6 124                                                 | 2 063 788                                     | 6 213 030                                                     | -                                    | 80 417                                          | 6 124                                                                      | 18 436 | -   | 239 |
| 3                                        | 5 588                                                 | 1 883 156                                     | 6 213 030                                                     | 154 284                              | 36 191                                          | 5 588                                                                      | 18 436 | 458 | 107 |
| 4                                        | 4 761                                                 | 1 604 457                                     | 6 213 030                                                     | 154 284                              | 16 296                                          | 4 761                                                                      | 18 436 | 458 | 48  |
| 5                                        | 2 970                                                 | 1 000 890                                     | 6 213 030                                                     | 154 284                              | 7 342                                           | 2 970                                                                      | 18 436 | 458 | 22  |
| 6                                        | 6 382                                                 | 2 150 734                                     | 6 213 030                                                     | -                                    | -                                               | 6 382                                                                      | 18 436 | -   | -   |
| 7                                        | 3 168                                                 | 1 067 616                                     | 6 213 030                                                     | -                                    | -                                               | 3 168                                                                      | 18 436 | -   | -   |
| 8                                        | 5 859                                                 | 1 974 483                                     | 6 213 030                                                     | 154 284                              | -                                               | 5 859                                                                      | 18 436 | 458 | -   |
| 9                                        | 4 486                                                 | 1 511 782                                     | 6 213 030                                                     | 154 284                              | -                                               | 4 486                                                                      | 18 436 | 458 | -   |
| 10                                       | 1 270                                                 | 427 990                                       | 1 872 420                                                     | -                                    | -                                               | 1 270                                                                      | 5 556  | -   | -   |

Anteil an der gesamten Lebensleistung 19,4 %

Insgesamt 79 144 325 kcal

234 848 FCM

Erläuterungen zu Tabellen 11 und 12;

Spalte 2: Die Milchleistung ist auf das Höchstleistungsalter korrigiert. Die Korrekturfaktoren sind nach der von WOERNER (1957, im Manuskript) anhand von 3726 Tieren berechneten Kurve

$$\hat{y} = + 903,70 + 3,053931x - 109885(10^{-8})x^2 \\ + 166622(10^{-12})x^3 - 939311(10^{-17})x^4$$

errechnet. Der Faktor ist in dem Altersabschnitt  
2700 - 2799 Tagen gleich 1.

Spalte 3: Die Erzeugungsenergie für ein alterskorrigiertes FCM beträgt  
337 kcal.

Spalte 4: Das Körpergewicht einer ausgewachsenen Braunviehkuh im Höchstleistungsalter (2700 Tage) wurde mit 600 kg und der entsprechende Gesamterhaltungsbedarf an umsetzbarer Energie mit 17 022 kcal angenommen.

Spalte 5: Das Geburtsgewicht eines Kalbes von einer ausgewachsenen 600 kg Kuh wurde mit 40 kg festgesetzt. Die Erzeugungsenergie für die Bildung der Konzeptionsprodukte beträgt 154 284 kcal (= Erzeugungsenergie für 458 FCM).

Spalte 6: Der Zuwachs wurde auf ein Körpergewicht von 600 kg Körpergewicht umgerechnet und aus der Gleichung

$$y = 4638 \cdot 0,9978^t \text{ bestimmt.}$$

$y$  = tägl. Erzeugungskalorien für den Zuwachs korrigiert  
auf 600 kg Körpergewicht  
 $t$  = Alter in Tagen

In Spalten 7-10 sind die Ergebnisse aus Spalte 2-6 wiedergegeben. Es wurde der Bedarf an Erzeugungsenergie für die einzelnen Leistungen in der Einheit 337 kcal, die zur Erzeugung von 1 FCM benötigt werden, dargestellt.

## DISKUSSION

Für den Tierzüchter, der sich mit der Milchleistung des Rindes befaßt, ist das Zusammenwirken der einzelnen Lebensvorgänge von grundlegendem Interesse. Diese einzelnen Lebensvorgänge als quantitative Leistung lassen sich einheitlich mit ihrem Energieumsatz erfassen. Im heutigen Stadium der Forschung kann eine einzelne Disziplin mit ihren Mitteln allein nicht immer Antwort auf ihre Fragen bekommen. Deshalb wurde hier versucht, aus der Literatur über den Energiestoffwechsel Angaben zu finden über den Anteil der einzelnen Komponenten an der gesamtenergetischen Lebensleistung des Rindes. Daraus sollen tierzüchterische Folgerungen für die genetische Bearbeitung der exakt meßbaren Komponenten Milchleistung und Fortpflanzung abgeleitet werden. Das Studium der Literatur hat gezeigt, daß der heutige Stand der Kenntnisse keine exakte Berechnung der gesamtenergetischen Lebensleistung ohne experimentelle Bestimmung ermöglicht.

Jedoch war es möglich, für die einzelnen Komponenten der gesamtenergetischen Lebensleistung annähernde Werte zu ermitteln, die einen Vergleich der Größenordnungen zulassen. Schon damit lassen sich Aussagen machen über die Bedeutung der einzelnen Komponenten für das Zustandekommen der gesamtenergetischen Lebensleistung.

Es zeigt sich, daß Wachstum und Entwicklung der Konzeptionsprodukte die energetische Lebensleistung nur sehr gering belasten. Der hohe Anteil der Gesamterhaltung an der energetischen Lebensleistung ist ein wichtiger Gesichtspunkt für die betriebswirtschaftliche und züchterische Betrachtung der Milch-erzeugung.

Die Unterschiede im prozentualen Anteil der einzelnen Komponenten an der Gesamtleistung sind so erheblich, daß auch Fehler infolge Unsicherheit mancher Faktoren das grundsätzliche Verhältnis der Komponenten zueinander nicht ändern würden. Das Bedürfnis nach befriedigender Beantwortung der aufgeworfenen Fragen läßt neue bioenergetische Forschungen wünschenswert erscheinen. Diese könnten in Zusammenarbeit aller interessierter Disziplinen besonders fruchtbringend sein.

## ZUSAMMENFASSUNG

Für die Berechnung der gesamtenergetischen Lebensleistung des Rindes wurden aus der Literatur folgende Punkte erarbeitet:

1. Der Erzeugungsbedarf für eine bestimmte Milchmenge ist direkt proportional ihrem Energiegehalt. Für die Erzeugung von 1 FCM (= 750 kcal) werden

337 kcal

umsetzbarer Energie verbraucht.

2. Bei einem Geburtsgewicht des Kalbes von 40 kg werden für die Entwicklung der Konzeptionsprodukte (Fetus + Uteruszuwachs + Eihäute + Euterzuwachs + Erhaltung der Konzeptionsprodukte)

154 284 kcal

verbraucht. Das entspricht dem Energieverbrauch für die Erzeugung von 458 FCM. Für die Erhaltung der Konzeptionsprodukte während der gesamten Trächtigkeit werden nach der Exponentialfunktion

$$\text{kcal} = 4,0684 \cdot 1,0208^t$$

t = Trächtigkeit in Tagen

63 419 kcal

umsetzbarer Energie verbraucht.

3. Der Energiebedarf für das Wachstum kann nach der Gleichung

$$y = 4638 \cdot 0,9978^t$$

y = tägliche Erzeugungskalorien korrigiert auf  
600 kg Körpergewicht

t = Alter in Tagen

berechnet werden. Vom dritten Lebensjahr bis zum Abschluß des Wachstums werden

419 634 kcal

umsetzbarer Energie verbraucht. Dies entspricht dem Energieverbrauch für die Erzeugung von 1 245 FCM.

4. Mit dem Ergebnis von Fütterungsversuchen amerikanischer Forscher konnte der Verbrauch an umsetzbarer Energie für den täglichen Gesamterhaltungsbedarf bei einer Kuh mit 600 kg Körpergewicht mit

17 022 kcal

errechnet werden. Dies entspricht dem Energieverbrauch für die Erzeugung

von 50,5 FCM.

5. Als Beispiel wurde die energetische Lebensleistung von zwei Braunviehkühen berechnet. An der gesamtenergetischen Lebensleistung dieser zwei Kühe sind die Gesamterhaltung mit 83,2 % (78,9 %), die Milchleistung mit 14,6 % (19,4 %), die Konzeptionsprodukte mit 1,74 % (1,36 %) und das Wachstum mit 0,43 % (0,33 %) beteiligt.

Am Ende dieser Arbeit danke ich Herrn Professor  
Dr. Dr. H. Bauer für die Überlassung des Themas  
sowie für die mir jederzeit gewährte Unterstützung.

Ferner gilt mein Dank Herrn Dr. Bakels und  
Herrn Dr. Gall, die mir stets mit Rat und Vorschlä-  
gen zur Seite standen.

LITERATUR

- Abl, L. (1950) Betrachtungen über Kälbergeburtsgewichte bei verschiedenen Rassen und deren Einkreuzungen. Tierzucht 4, 7
- Albrecht, M. (1911) Gewichte von Kühen vor der Geburt und nach dem Abgang der Nachgeburt, Gewichte der Kälber und Nachgeburten, ferner Gewichtsverhältnisse zwischen Mutter und Kalb sowie zwischen Nachgeburt und Kalb. Münch. Tierärztl. Wschr. 55, 101
- Anantakrishnan, C.P. and Lazarus, A.J. (1953) Observations on some Indian cattle. Part IV: A study of the birth weight of calves. Indian J. Dairy Sci. 6, 23; Ref.: ABA 22, 40, 1954
- Armsby and Fries (1918) Journ. agric. Res. 15; zit. nach Möllgaard (1929)
- Arnold, P.T.D. and Becker, R.B. (1953) Dairy calves. Their development and survival. Bull. Fla. Agric. Exp. Sta. No. 529, 23
- Aron, M. (1926) in: Tabulae biologicae 3; zit. nach Eßkuchen, E. (1931) Über die intrauterine Entwicklung des Rindes. Arch. Tierernähr. 5, 598
- Axelsson, J. (1939) Die wissenschaftliche Grundlage des Stärkewertes. Biedermanns Zbl. B, 11, 176
- Bauer, H., Bakels, F. und Gall, Chr. (1959) Untersuchungen über die Selektionseinwirkung für das Merkmal Jahresmilchleistung in FCM in bayerischen Fleckviehherden. München: Arb. a. d. Institut f. Tierzucht, Vererbungs- u. Konstitutionsforsch. Heft 1, 31

- Benedict, F.G. und Ritzman, E.G.  
(1930) Über die den Energieumsatz bei Schafen beeinflussenden Faktoren.  
Arch. Tierernähr. 5, 1
- Bouckaert, J.H., Oyaert, W. and Peeters, G.  
(1952) Uptake of plasma amino acids by the perfused isolated cow's udder.  
Nature 169, 967
- Braude, R. and Walker, R.M.  
(1949) Mortality, weight and body measurement at birth of Shorthorn calves.  
J. Agric. Sci. 39, 156
- Breirem, K. and Ulvesli, O.  
(1949) Experiments on the protein requirement of dairy cows.  
Rep. Internat. Zootech. Congr. Paris,  
Special Papers 95
- Brody, S., Hall, W.C., Ragsdale, A.C. and Trowbridge, E.A.  
(1932) Relation between basal metabolism resting metabolism, heat increments of feeding and body weights in growing farm mammals.  
Univ. Miss. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 166;  
Growth and Developm. Chapt. 18
- Brody, S. and Procter, R.C.  
(1935) Energetic efficiency of milk production and the influence of body weight thereon.  
Miss. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 222;  
Growth and Developm. Chapt. 35
- Brody, S., Riggs, J., Kaufmann, K. and Herring, V.  
(1938) Energy metabolism levels during gestation, lactation and postlactation rest,  
Univ. Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 281
- Brody, S.  
(1945) Bioenergetics and growth.  
New York: Reinhold, Chapt. 13

- Buchholz, H. (1934) Versuch einer Erbanalyse der Milchleistung in kleinen Herden auf Grund der Kontrolljahreseerträge.  
Zschr. Züchtg. B 29, 21
- Burris, M.J. and Blunn, C. T. (1952) Some factors affecting gestation length and birth weight of beef cattle.  
J. Anim. Sci. 11, 34
- Cochrane, D.C., Fries, A.J. and Braman, W.W. (1925) The maintenance requirement of dry cows.  
J. Agric. Res. 31, 1055
- Davis, H.P., Morgan, R.F. and Gaines, W.L. (1943) Live weight and milk-energy yield in the Nebraska Station dairy herd.  
J. Dairy Sci. 26, 625
- Davis, H.P., Plum, M. and Brost, B. (1954) Studies of herd management records.  
II. Relation of gestation length to birth weight of Holstein calves of both sexes at various calvings.  
J. Dairy Sci. 37, 162
- Dawson, W.M., Phillips, R.W. and Black, W.H. (1947) Birth weight as a criterion of selection in beef cattle.  
J. Anim. Sci. 6, 247
- Duerst, U.J. (1930) Grundlagen der Rinderzucht.  
Berlin: Springer
- Dusche, H. (1933) Untersuchungen über den Einfluß äußerer, nicht erblicher Faktoren auf die Milch- und Fettleistung der Milchkuh.  
Diss. agr. Bonn
- Eckles, C.H. (1916) The nutrients required to develop the bovine fetus.  
Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 26, 36

- Eßkuchen, E. (1931) Über die intrauterine Entwicklung des Rindes.  
Arch. Tierernähr. 5, 598
- Eßkuchen, E. (1932) Der Eiweißbedarf des Rindes für den Aufbau des  
Foetus.  
Fortschr. Landw. 7, 164
- Fachmann, W., Kraut, H. und Sperling, H.  
(1953) Nährstoff- und Nährwertgehalt von Nahrungs-  
mitteln. 2. Aufl.  
Leipzig: Barth
- Feige, E. (1930) Der Einfluß des Alters auf die Fettleistung.  
Milchwirtsch.Forsch. 11, 39
- Fenger, F. (1916) The chemical composition of the placent.  
J.Biol.Chem. 29, 19, 1917
- Fitch, J.B., McGilliard, P.C. and Drum, G.M.  
(1924) A study of birth and gestation of dairy animals.  
J.Dairy Sci. 7, 222
- Forbes, E.B. and Kriss, M.  
(1925) Revised net. energy values of feeding stuffs for  
cattle.  
J.Agric.Res. 31, 1083
- Forbes, E.B., Fries, J.A., Braman, W.W. and Kriss, M.  
(1926) The relative utilization of feed energy for  
maintenance, body increase and milk production  
in cattle.  
J.Agric.Res. 33, 483
- Forbes, E.B., Braman, W.W., Kriss, M. and others  
(1930) Further studies of the energy metabolism of  
cattle in relation to the plane of nutrition.  
J.Agric.Res. 40, 3
- Franck, L. (1901) Tierärztliche Geburtshilfe. 4. Aufl.  
Berlin: Parey, S. 125 und 109
- Frederiksen, L. (1925) Foreløbige Oplysninger om nogle Forsøg med  
Malkeøer in Vinteren 1923-1924.  
Meddel.Forsøgslab. Husdyrbrug.K. Vet. og  
Landbohøjskole (Denmark)2;  
zit. nach Gaines, W.L. (1928)

- Frederiksen, L. (1929) Einige dänische Versuche und Beobachtungen über Leistung und Fütterung von Milchkühen. Mitt. Dtsch. Landw. Ges. 44, 329
- Fries, J. A., Braman, W. W. and Kriss, M. (1924) On the protein requirement of milk production. J. Dairy Sci. 7, 11
- Gaines, W. L. and Davidson, F. A. (1923) Relation between percentage fat content and yield of milk. Ill. Agric. Ex. Ill. Sta. Bull. 245
- Gaines, W. L. (1928) The energy basis of measuring milk yield in dairy cows. Univ. Ill. Agric. Exp. Sta. Bull. 308
- Gaines, W. L. (1937) Working maintenance as a function of live weight in dairy cows, and its bearing on an energy size index of lactation. J. Dairy Sci. 20, 583
- Gaines, W. L. (1938a) Nutrients for lactation working maintenance and gain in live weight in American dairy cows. J. Dairy Sci. 21, 585
- Gaines, W. L. (1938b) Feed units for lactation working maintenance and gain in live weight in Danish dairy cows. J. Dairy Sci. 21
- Gaines, W. L., Rhode, C. S. and Cash, J. G. (1940) Age live weight and milk energy yield in Illinois cows. J. Dairy Sci. 23, 1031
- Gaines, W. L., Rhode, C. S. and Cash, J. G. (1942) Age live weight and milk energy yield - a correction. J. Dairy Sci. 25, 15
- Gaines, W. L., Davis, H. P. and Morgan, R. F. (1947) Within cow regression of milk energy yield in age and live weight. J. Dairy Sci. 30, 273

- Gowen, J. W. (1925) Studies on conformation in relation to milk producing capacity in cattle.  
IV. The sires of the cow in relation to the sire of her milk production.  
J. Agric. Res. 30, 385
- Gregory, K.E., Blunn, C.T. and Baker, M.L.  
(1950) A study of some of the factors influencing the birth and weaning weight of beef calves.  
J. Anim. Sci. 9, 338
- Haecker, T.L. (1914) Investigations in milk production.  
Minn. Agric. Exp. Sta. Bull. 140
- Haigh, Moulton and Trowbridge  
(1920) Composition of the bovine at birth.  
Miss. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 38
- Hansen, P. (1925) Die Entwicklung des ostpreußischen schwarz-weißen Tieflandrindes von Geburt bis zum Abschluß des Wachstums.  
Hannover: Schaper
- Hansson, N. (1926) Der Bedarf der Milchkühe an Produktionsfutter.  
Zschr. Tierzücht. Züchtg. Biol. 5, 295
- Harrison, E.S. and Savage, E.S.  
(1932) The effect of different planes of protein intake upon milk production.  
Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Bull. 540
- Harrison, E.S., Savage, E.S. and Work, S.H.  
(1933) The effect of different planes of protein intake upon milk production.  
II. Further companions of 16-20-24 percent mixtures.  
Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Bull. 578
- Hill, J.L. (1922) The maintenance requirement of dairy cattle.  
Vermont Agric. Exp. Sta. Bull. 226
- Jakobsen, P.E. (1956) Protein requirements for fetus formation in cattle.  
6. Internat. Tierzuchtkongr. 115

Jordão, L.P. and Assis, F. de P.

- (1947) The study of flemish cattle in Brazil.  
I. Gestation period, birth weight, weight of  
cows after calving and the increase in weight  
of the calves.  
Bol.Indústr.anim. N.S.9 (3/4), 38;  
Ref.: ABA 18, 949, 1950

Kay, R.R. and McCandlish

- (1929) Factors affecting the yield and quality of milk:  
The age of the cow.  
J.Agric.Sci. 19, 342

Kellner, O.

- (1907) Über die Fütterung des Milchviehes.  
Vortrag: Dresden 15.3.1907

Kellner, O.

- (1920) Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutz-  
tiere. 9. Aufl.  
Berlin: Parey

Knapp, J.B., Lambert, W.V. and Black, W.H.

- (1940) Factors influencing length of gestation and  
birth weight in cattle.  
J. Agric. Res. 61, 277

Koch, R.M. and Clark, R.T.

- (1955) Influences of sex, season of birth and age of  
dam on economic traits in range beef cattle.  
J. Anim.Sci. 14, 386

Koch, W.

- (1954) Lehrbuch der Allgemeinen Tierzucht.  
Stuttgart: Enke

Krasnov, K.E. and Pak, D.N.

- (1937) An attempt at testing tagil bulls by the birth  
weight of their progeny.  
Usp.zootech.Nauk. 4, 31; Ref.: ABA 7, 108,  
1939

Krizenecky, J.

- (1941) Zur Frage der Bestimmung der sogenannten  
relativen Nutzleistung bei Milchkühen.  
Züchtungskde. 16, 225

- Kušner, H.F. (1936) Factors determining the birth weight of calves and its rôle in selection.  
Izv. Akad. Nauk S. S. S. R., No. 2-3, 449;  
Ref.: ABA 4, 412
- Lange, J. (1941) Vergleichende Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Alter und Leistung bei verschiedenen Rinderrassen; durchgeführt an Kühen des Deutschen Rinderleistungsbuches.  
Züchtungskde. 16, 123
- Leclainche (1886) Recherches sur l'accroissement du veau.  
Recueil méd. vét. 63, 368;  
zit. nach Albrecht, M. (1911)
- Lenkeit, W. (1953) Einführung in die Ernährungsphysiologie der Haustiere.  
Stuttgart: Enke, S. 44
- Lörtscher, H. (1937) Variationsstatistische Untersuchungen an Leistungserhebungen in einer British Friesian Herde.  
Zschr. Züchtg. B, 39, 257
- Mäkela, A. und Oittila, R. (1955) Gestation period of Ayrshire cows at the Viik Experimental Farm.  
Maataloust. Aikakausk. 27, 77;  
Ref.: ABA 24, 141, 1956
- Margolin, S. and Bartlett, J. W. (1945) The influence of inbreeding upon the weight and size of dairy cattle.  
J. Anim. Sci. 4, 3
- Martiny, B. (1871) Die Milch, ihr Wesen und ihre Verwertung.  
Danzig: Kafemann
- Maynard, L. A. and Loosli, J. K. (1956) Animal nutrition. 4th ed.  
New York: Mc Graw Hill
- Mitchell, H. H. and Hamilton, T. S. (1932) The effect of the amount of feed consumed by cattle on the utilization of its energy content.  
J. Agric. Res. 45, 163

- Mitchell, H.H. (1956) zit. in Maynard and Loosli (1956)
- Møllgaard, H. (1929) Fütterungslehre des Milchviehs.  
Hannover: Schaper
- Morgan, R.F. and Davis, H.P. (1938) Influence of age of dairy cattle and season of the year on the sex ratio and the number of service required for conception.  
Nebr. Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 104
- Morrison, F.B. (1957) Feeds and Feeding. 22nd. ed.  
Ithaca, N. Y.: Morrison Publ. Comp.
- Moustgaard, J. (1956) Protein requirement and protein synthesis in cows and sows during foetal development.  
III. Internat. Congr. on Anim. Reprod.,  
Plenary Papers, Cambridge 1956, 123
- Munkácsi, F. (1955) The effect of birth weight on some economic characters of cattle.  
Állattenyésztés 4, 13; Ref.: ABA 23, 1058, 1955
- Muñoz, M. and Rigor, T.V. (1940) The birth weight of Red Scindi cattle at Alabang Farm.  
Phillip. J. Anim. Ind. 7, 263; Ref.: Zschr. Tierzucht, Züchtg. Biol. 49, 310, 1941
- Oberst, A. und Rumbaur, A. (1950) Untersuchungen einiger Leistungseigenschaften an RL Kühen des württembergischen Fleckviehs und Braunviehs.  
Züchtungskde. 22, 81
- Sanders, H.G. (1927) A method of standardising milk records.  
Essex County Farmers Union Year Book; Ref.: Zschr. Tierzucht, Züchtg. Biol. 10, 161, 1927
- Schall, H. (1958) Nahrungsmitteltabelle. 17. Aufl.  
Leipzig: Barth

- Scheunert-Trautmann (1957) Lehrbuch der Veterinär Physiologie. 4. Aufl.  
bearb. Scheunert, A., Brüggemann, J., Horn, V.  
und Hill, H., Berlin und Hamburg: Parey
- Schmidt, K. (1933) Untersuchungen über die Länge der Zwischenkalbezeit, sowie über den Einfluß des Alters und der Abkalbezeit auf die Milchergiebigkeit der Kühe.  
Kühn Arch. 34, 149
- Steffens, M. (1930) Untersuchungen über den Gewichtsverlust durch die Geburt sowie über das Gewichtsverhältnis des Foetus und der Eihäute bei Kühen.  
Diss. vet. med. Hannover
- Swett, W.W., Matthews, C.A. and Fohrman, M.H.  
(1948) Development of the fetus in the dairy cow.  
U. S. Dep. of Agric. Washington, Techn. Bull. 964
- Tyler, W.J., Chapman, A.B. and Dickerson, G.E.  
(1947) Sources of variation in the birth weight of Holstein Friesian calves.  
J. Dairy Sci. 30, 483
- Uman, Y. (1933) Birth weight as a factor in selection of cattle.  
Probl. Zhivotn. No. 5, 44;  
Ref.: ABA 1, 245, 1933
- Venge, O. (1948) Influence of different factors on birth weight of calves.  
Nord. Jordbr. Forskn. (7/8), 208;  
Ref.: ABA 17, 864, 1949
- Ward, A.H. (1938) The practical application of age conversion factors to dairy cattle production records.  
J. Agric. Sci. 28, 509
- White, M.K. and Drakely, T.J.  
(1927) The influence of age of the cow on the yield and quality of the milk.  
J. Agric. Sci. 17, 420

- Woerner, W. (1957) Untersuchungen über die Beziehung zwischen Alter und Leistung bei Allgäuer Herdbuchkühen.  
München: Institut für Tierzucht, Vererbungs- und Konstitutionsforschung, im Manuskript
- Yapp, V. W. (1931) Intrauterine development in cattle.  
Amer. Soc. Anim. Prod. Proc. 1931, 133

## LEBENS LAUF

Ich, Fritz Woerlen, wurde am 14. Oktober 1930 als Sohn des Dipl.Ing. Eduard Woerlen und dessen Ehefrau Wilhelmine, geb. Hutter, zu Berlin geboren.

Von 1937-1941 besuchte ich die Volksschulen in Rosenheim und Landshut, von 1941-1951 die Oberrealschulen in Landshut und Rosenheim, wo ich am 15. Juli 1951 die Reifeprüfung ablegte. Nach einjähriger landwirtschaftlicher Lehrzeit begann ich 1952 das tierärztliche Studium an der Universität München, wo ich am 17. Januar 1957 das Staatsexamen absolvierte. Anschließend praktizierte ich bei Herrn Dr. Glock sen. in Pfettrach bei Landshut und erhielt am 18. Juli 1957 meine Approbation.

Derzeit bin ich als Assistent bei Herrn Dr. G. Dreger in Schrobenhausen tätig.

Mit vorliegender Arbeit beschäftige ich mich seit Frühjahr 1958.



